

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-275696

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46  
C 2 3 C 16/50  
C 2 3 F 4/00  
H 0 1 L 21/205  
21/3065

H 0 5 H 1/46 B  
C 2 3 C 16/50  
C 2 3 F 4/00 D  
H 0 1 L 21/205  
21/302 B

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-95100

(22) 出願日 平成9年(1997)3月28日

(71) 出願人 000000262

株式会社ダイヘン

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

(72) 発明者 吉木 宏之

大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会  
社ダイヘン内

(72) 発明者 天立 茂樹

大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会  
社ダイヘン内

(72) 発明者 西條 達也

大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会  
社ダイヘン内

(74) 代理人 弁理士 中井 宏

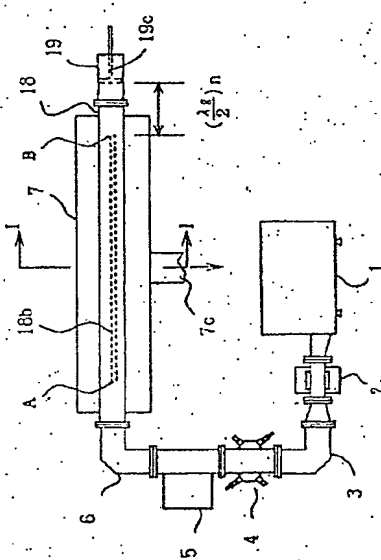
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 被処理物に対して広い面積に亘って均一かつ高速に処理することができ、しかもマイクロ波電力の使用効率を高めたプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 側壁に細長い窓部7bを有し、窓部の内側に被処理物13が配置されるプラズマ室7と、電界ベクトルの方向に平行な側面であるE面に管軸方向へ伸びるスロット18bを有し、管軸方向を窓部の長手方向に一致させ、かつスロットを窓部に対向させた状態で配置されたプラズマ室結合用方形導波管18と、方形導波管にマイクロ波を供給するマイクロ波電源1とを備える。方形導波管の終端に、短絡板19cを有する終端器19を設ける。スロットの長手方向の長さを、方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長の2分の1の長さとの公倍数に設定する。スロットの端部と短絡板との長さを、管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ : 整数) に設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 側壁に細長い窓部を有し、前記窓部の内側に被処理物が配置されるプラズマ室と、電界ベクトルの方向に平行な側面であるE面に管軸方向へ伸びるスロットを有し、管軸方向を前記窓部の長手方向に一致させ、かつ前記スロットを前記窓部に対向させた状態で配置されたプラズマ室結合用方形導波管と、前記方形導波管にマイクロ波を供給するマイクロ波電源とを備え、前記方形導波管から前記スロットを介して前記プラズマ室へマイクロ波を放射させるプラズマ処理装置において、前記方形導波管の終端に、短絡板を有する終端器を設け、前記スロットの長手方向の長さが、前記方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長の2分の1の長さとの公倍数に設定され、前記スロットの端部と短絡板との長さが、前記管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ : 整数) に設定されたプラズマ処理装置。

【請求項2】 側壁に細長い窓部を有し、前記窓部の内側に被処理物が配置されるプラズマ室と、電界ベクトルの方向に平行な側面であるE面に管軸方向へ伸びるスロットを有し、管軸方向を前記窓部の長手方向に一致させ、かつ前記スロットを前記窓部に対向させた状態で配置されたプラズマ室結合用方形導波管と、前記方形導波管にマイクロ波を供給するマイクロ波電源とを備え、前記方形導波管から前記スロットを介して前記プラズマ室へマイクロ波を放射させるプラズマ処理装置において、前記方形導波管の終端に、短絡板を有する終端器を設け、前記スロットの長手方向の長さが、前記方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長の2分の1の長さとの公倍数に設定され、前記スロットの端部と短絡板との長さが、前記管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ : 整数) に設定され、前記スロットを設けた前記方形導波管を少なくとも2本設けて、前記方形導波管同士を平行に、かつ隣り合う前記スロット同士を交互に前記方形導波管の管軸方向に前記管内波長 $\lambda_g$ の $(2n-1)/4$  ( $n$ : 整数) ずらして配置したプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄膜形成、表面改質及びエッチング等の処理を、大面積の被処理物に対し、均一かつ高速に行うためのプラズマ処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体及びLCDの製造工程におけるエッチング、アッシング、CVD等にマイクロ波を

用いたプラズマ装置が用いられている。図7は、特開平5-335095号に示された従来のプラズマ処理装置の全体構成図であり、図8は図7のI-I線断面図であり、図9は図8のT-T線断面図である。この装置は、図7に示すように、マイクロ波電源1、アイソレータ2、コーナ方形導波管3、方向性結合器4、インピーダンス整合器5、コーナ方形導波管6、直方体状のプラズマ室7、プラズマ室をE面に取付けたプラズマ室結合用方形導波管8及び終端装置9を備えている。なおE面は、方形導波管内の電界ベクトルの方向に平行な側面である。

【0003】 プラズマ室7は、図8に示したように、結合用方形導波管8側の側壁7aに方形導波管8の管軸方向に沿って伸びる細長い矩形状の窓部7bが設けられ、この窓部7bは石英ガラス板からなるマイクロ波透過窓11により真空封じされている。また、プラズマ室7には排気口7cが設けられ、この排気口は図示しない真空ポンプに接続されており、またプラズマ室7の1つの壁部を気密に貫通させてプロセスガス導入パイプ12が取り付けられている。このプラズマ室7内には、シート状の被処理物13が巻かれたローラ14と、処理が終了した被処理物を巻き取る巻取りローラ15とが対向配置され、被処理物13は窓部7bに対向配置されている。

【0004】 結合用方形導波管8には、E面8aに管軸方向に伸びるスロット8bが設けられており、この方形導波管8とプラズマ室7とは、スロット8bをプラズマ室7の窓部7bに対向させた状態で電氣的に接続されている。スロット8bは、プラズマ室7の窓部7bの長手方向とはほぼ等しい長さを有するが、その幅寸法は、窓部7bの幅寸法よりも小さく設定されている。また、長手方向の長さは、特開平8-138889号に示されるように、マイクロ波の自由空間波長 $\lambda_0$ の2分の1の整数倍に設定されるのが一般的である。

【0005】 終端器9は、プラズマ室7側に供給されなかった余分なマイクロ波を吸収するマイクロ波吸収体から構成され、マイクロ波吸収体として水を用いる。プラズマ室7に伝搬しなかった余分なマイクロ波は、導入口9aから導入した水に吸収させ、マイクロ波により加熱された水を排出口9bから排水させるようになっている。

【0006】 上記プラズマ処理装置を用いてプラズマ処理を行う場合には、プラズマ室7内に被処理物13をセットした後、プラズマ室7内を高真空状態にする。その後プロセスガス導入パイプ12から、プラズマ室7内に所定のプロセスガスを、プラズマ室内が所定の圧力になるまで供給する。この状態でマイクロ波電源1から、アイソレータ2、コーナ方形導波管3、方向性結合器4、インピーダンス整合器5、コーナ方形導波管6を通してプラズマ室結合用方形導波管8にマイクロ波を供給すると、結合用方形導波管8内に進入したマイクロ波は、ス

ロット8bから放射されて、プラズマ室7の窓部7bを通してプラズマ室7内に伝搬し、プラズマ室内のプロセスガスをプラズマ化して帯状のプラズマを生成する。このプラズマを被処理物13に照射しつつ、被処理物13をローラ15により巻き取り移動させることにより、広い面積の処理を連続的に行わせることができる。

【0007】特に、結合用方形導波管8の外周に磁界発生手段10として電磁石を設けたことにより、プラズマ室7の窓部7bと被処理物13との間の空間に磁界が生じるので、この磁界により、反応性ガスの電離及び励起の頻度を高めることができ、被処理物に照射されるプラズマ密度が高められる。また上記磁界が、窓部からプラズマ室の中央部に向かうような発散磁界となっているので、プラズマを被処理物13に効率よく照射させることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来のプラズマ処理装置では、マイクロ波が結合用方形導波管8の内部側壁での反射を繰り返しつつ斜めに伝搬することに起因して、ロット8bからプラズマ室7に放射されるマイクロ波は、図9のマイクロ波W1、W2及びW3で示すように、プラズマ室7内の片側に偏った伝搬様式になり、その結果、長さA' B'のロット8bからプラズマ室7に放射されるマイクロ波電界強度は、図10に示されるように、プラズマ室7の長手方向に亘って均一にならないという問題があった。

【0009】また、終端器9をマイクロ波吸収体から構成しているにも拘らず、スロットを設けることで生じる反射波による定在波の山谷が存在し、その結果、マイクロ波電界強度は図10に示されるように、マイクロ波の管内波長 $\lambda_0$ の2分の1毎に山谷を有した不均一な分布となっている。したがって、発生するプラズマの分布は不均一となっており、被処理物13の広い面積に亘る均一処理に問題があった。

【0010】さらに、プラズマ室結合用方形導波管8に入力されるマイクロ波電力のうち、スロット8bからプラズマ室7に放射されなかった電力は、方形導波管8を通過して終端器9内のマイクロ波吸収体に消費されて全て電力損失となるので、電力の使用効率が悪くなり、生成されるプラズマ密度が低くなるという問題点があった。

【0011】本発明の目的は、被処理物に対して広い面積に亘って均一かつ高速に処理することができ、しかもマイクロ波電力の使用効率を高めたプラズマ処理装置を提供することにある。

【0012】

【問題点を解決するための手段】本発明は、側壁に細長い窓部を有し、窓部の内側に被処理物が配置されるプラズマ室と、電界ベクトルの方向に平行な側面であるE面に管軸方向へ伸びるスロットを有し、管軸方向を窓部の長手方向に一致させ、かつスロットを窓部に対向させた

状態で配置されたプラズマ室結合用方形導波管と、方形導波管にマイクロ波を供給するマイクロ波電源とを備え、方形導波管からスロットを介してプラズマ室へマイクロ波を放射させるプラズマ処理装置に係わるものである。

【0013】請求項1に記載の発明は、方形導波管の終端に、短絡板を有する終端器を設け、スロットの長手方向の長さを、方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長の2分の1の長さとの公倍数に設定し、スロットの端部と短絡板との長さを、管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ :整数)に設定したものである。

【0014】上記の請求項1の発明においては、スロットから開空間へのマイクロ波の放射効率もよく、しかも放射される電界強度は、マイクロ波の管内波長が支配的となり、その分布は空間的に極端に偏ったり、歪んだりすることがない。

【0015】請求項2に記載の発明は、方形導波管の終端に、短絡板を有する終端器を設け、スロットの長手方向の長さを、方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長の2分の1の長さとの公倍数に設定し、スロットの端部と短絡板との長さを、管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ :整数)に設定し、スロットを設けた方形導波管を少なくとも2本設けて、方形導波管同士を平行に、かつ隣り合うスロット同士を交互に方形導波管の管軸方向に管内波長 $\lambda_g$ の $(2n-1)/4$  ( $n$ :整数)ずらせて配置したものである。

【0016】上記の請求項2の発明においては、各スロットからプラズマ室に放射されるマイクロ波電界強度がマイクロ波の管内波長の2分の1に対応した山谷を有しているが、電界強度の強い箇所と弱い箇所とがそれぞれ重ねられるので、各スロットから放射されるマイクロ波電界強度よりも電界強度の強弱の大きさが大きく緩和される。

【0017】

【発明の実施の形態】

<第1の実施形態>図1は、本発明に係るプラズマ処理装置の第1の実施形態を示す全体構成図である。同図において、1はマイクロ波電源、2はアイソレータ、3、6はコーナ方形導波管、4は方向性結合器、5はインピーダンス整合器、7はプラズマ室で、従来例で示した図7と同様に構成される。18はスロット18bを設けたプラズマ室結合用方形導波管、19は短絡板19cを備えた終端器である。なお、プラズマ室7の断面図は、従来例で示した図8と同様であるので省略する。

【0018】本実施形態は、スロットの長手方向の長さが、方形導波管18内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の長さとし、マイクロ波の自由空間波長 $\lambda_0$ の2分の1の長さとの公倍数に設定される。

【0019】本実施形態はまた、従来例に示すマイクロ波吸収体から構成された終端器の代わりに、短絡板19cを備えた終端器19としているので、この短絡板とインピーダンス整合器5を適宜に調整することにより、結合用方形導波管18に導入されたマイクロ波を効率よくプラズマ室7に供給することができる。

【0020】本実施形態において、結合用方形導波管18にマイクロ波が供給されると、この方形導波管18の内壁には図2に示すような表面電流が流れる。この表面電流は、マイクロ波の定在波に起因して方形導波管内のマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1に対応した強弱を有している。そこで、方形導波管のE面に管軸方向へ伸びるスロットを開口すれば、表面電流の流れを切ることになり、その開口部の上下面に電荷が誘起され、マイクロ波はスロットから空間へと放射される。スロットから放射されるマイクロ波のスロットの長手方向の両端での電界強度は、その両端部は短絡されているので零である。したがって、スロットの長手方向の長さは、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1の整数倍とすることが望ましい。

【0021】一方、スロットから空間に放射されたマイクロ波は、自由空間波長 $\lambda_0$ で空間中を伝搬するので、従来では、スロットの長手方向の長さは、マイクロ波の自由空間波長 $\lambda_0$ の2分の1の整数倍とされている。

【0022】本発明では、スロットの長手方向の長さ及び位置を決定する場合、長さについては、上記のように公倍数に設定し、また位置については、スロット18bの端部Bと短絡板19cとの長さを、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の $(n/2)$  ( $n$ : 整数)に設定すれば、スロットから開空間へのマイクロ波の放射効率もよく、しかも放射される電界強度は、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ が支配的となり、その分布は空間的に極端に偏ったり、歪んだりすることがないことを見出した。

【0023】ここで、スロットの長手方向の長さの具体例を示すと、結合用方形導波管18として内径寸法109mm×55mmのWR-430導波管を用い、マイクロ波の周波数が2.45GHzの場合、自由空間波長 $\lambda_0$ は122mm、管内波長 $\lambda_g$ は148mmとなり、各波長の2分の1の公倍数として約370mm、約740mm、約1110mm等が考えられる。これらの値は、厳密には両者の公倍数となっていないが、何ら電界強度に影響を及ぼさない。

【0024】本実施形態においては、長さABのスロットからプラズマ室7に放射されるマイクロ波電界強度が、図3に示すように、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1毎に山谷を有するものの、山谷の波高値がほぼ一定にそろった分布となり、プラズマ室へ放射されるマイクロ波の電力をプラズマ室の窓部の長手方向に沿ってほぼ均一にすることができ、長い領域に亘ってプラズマ密度をほぼ均一にすることができる。

【0025】＜第2の実施形態＞図4は、本発明に係るプラズマ処理装置の第2の実施形態を示す全体構成図であり、図5は図4のI-I線断面図である。図4において、1、1'はマイクロ波電源、2、2'はアイソレータ、3、3'、6、6'はコーナ方形導波管、4、4'は方向性結合器、5、5'はインピーダンス整合器、7はプラズマ室で、従来例で示した図7と同様に構成される。18、18'はスロット18b、18b'をそれぞれ設けたプラズマ室結合用方形導波管、19、19'は短絡板19c、19c'をそれぞれ備えた終端器で、第1の実施形態を示す図1と同様に構成される。なお、図5において、従来例で示した図8と同一構成部分には同一符号を付して、説明を省略する。

【0026】本実施形態は、本発明によるスロットを設けた2つのプラズマ室結合用方形導波管18、18'を設け、この結合用方形導波管18、18'の終端にそれぞれ終端器19、19'が接続されている。

【0027】結合用方形導波管18、18'は、そのE面18a、18a'に管軸方向に伸びるスロット18b、18b'がそれぞれ設けられている。このスロット18b、18b'同士は、適宜の間隔で平行に配置され、かつ管軸方向にマイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の $(2n-1)/4$  ( $n$ : 整数)ずらせて配置されている。また、方形導波管18、18'には、それぞれマイクロ波電源1、1'、アイソレータ2、2'、コーナ方形導波管3、3'、6、6'、パワーモニタ4、4'、インピーダンス整合器5、5'がI-I線に対し対称的に設けられている。

【0028】本実施形態において、マイクロ波電源1、1'から結合用方形導波管18、18'にそれぞれマイクロ波を供給すると、それぞれのスロット18b、18b'から放射されるマイクロ波電界強度は、図3示したように、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の2分の1毎に山谷を有した分布となるので、マイクロ波の管内波長 $\lambda_g$ の $(2n-1)/4$  ( $n$ : 整数)ずらせることにより、電界強度の強い箇所と弱い箇所とがそれぞれ重ねられるように、2つのマイクロ波電界強度が合成される。

【0029】スロット18b、18b'を互いにずらせる長さは、好ましくは $(1/4)\lambda_g$ または $(3/4)\lambda_g$ が望ましい。もし、それ以上ずらせると、1つのスロットのみによるマイクロ波電界強度の分布が広くなる。すなわち、スロットの長手方向の両端部では、マイクロ波が合成されることなく、強弱を有したマイクロ波電界強度の分布となる。

【0030】本実施形態においては、長さCDのスロットからプラズマ室に放射されるマイクロ波電界強度が、図6の実線で示すように、スロットの長手方向の全体に亘って均一性が向上される。なお、図6の点線は、それぞれのスロット18b、18b'から放射されるマイクロ波電界強度の分布を示している。

【0031】上記の第2の実施形態では、2つの結合用方形導波管18、18'を設けたが、3つ以上でもよく、その場合、隣り合うスロット同士を交互に $\{(2n-1)/4\}\lambda_g$  ( $n$ : 整数)ずらせて配置する。また、結合用方形導波管内でのマイクロ波の伝搬方向が共に同じ向きとなるように結合用方形導波管18、18'を配置してもよい。

【0032】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、プラズマ室へ放射されるマイクロ波の電力をプラズマ室の窓部の長手方向に沿ってほぼ均一にすることができ、またマイクロ波電力の使用効率が向上されるので、生成されるプラズマの密度を長い領域に亘って均一にすることができ、しかもプラズマの密度を高めることができる。

【0033】また請求項2の発明によれば、プラズマ室へ放射されるマイクロ波の電力をプラズマ室の窓部の長手方向に沿ってより一層均一にすることができ、またマイクロ波電力の使用効率が向上されるので、生成されるプラズマの密度を長い領域に亘ってより一層均一にすることができ、しかもプラズマの密度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の第1の実施形

態を示す全体構成図である。

【図2】結合用方形導波管の内壁を流れる表面電流を示した図である。

【図3】第1の実施形態によるスロットの長さに対するマイクロ波電界強度を示す図である。

【図4】本発明に係るプラズマ処理装置の第2の実施形態を示す全体構成図である。

【図5】図4のI-I線断面図である。

【図6】第2の実施形態によるスロットの長さに対するマイクロ波電界強度を示す図である。

【図7】従来のプラズマ処理装置の全体構成図である。

【図8】図7のI-I線断面図である。

【図9】図8のT-T線断面図である。

【図10】従来例によるスロットの長さに対するマイクロ波電界強度を示す図である。

【符号の説明】

1, 1' マイクロ波電源

7 プラズマ室

7b 窓部

18, 18' プラズマ室結合用方形導波管

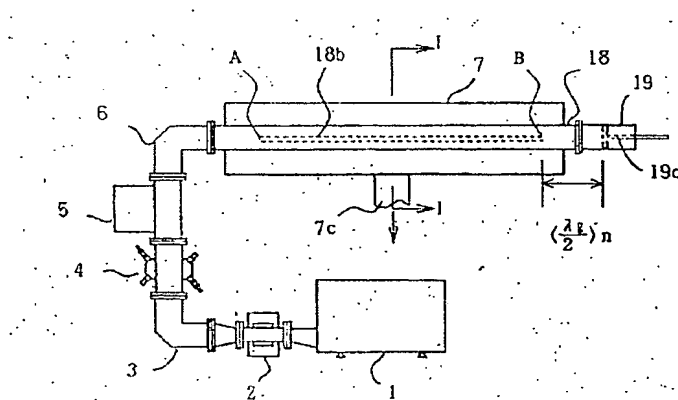
18a, 18a' E面

18b, 18b' スロット

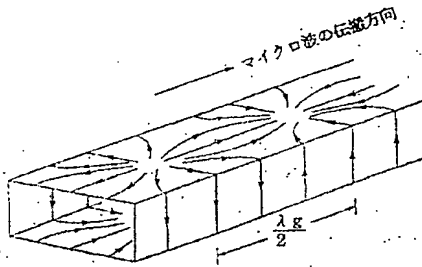
19, 19' 終端器

19c, 19c' 短絡板

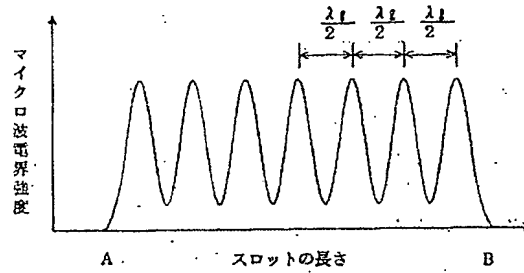
【図1】



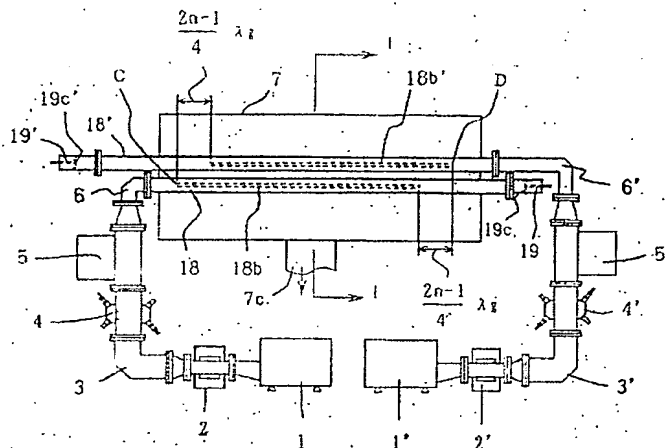
【図2】



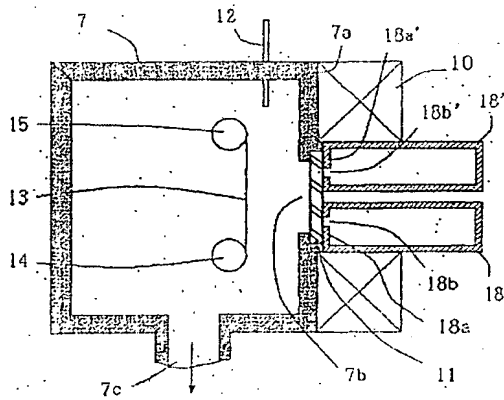
【図3】



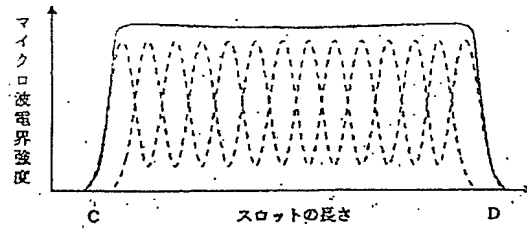
【図4】



【図5】



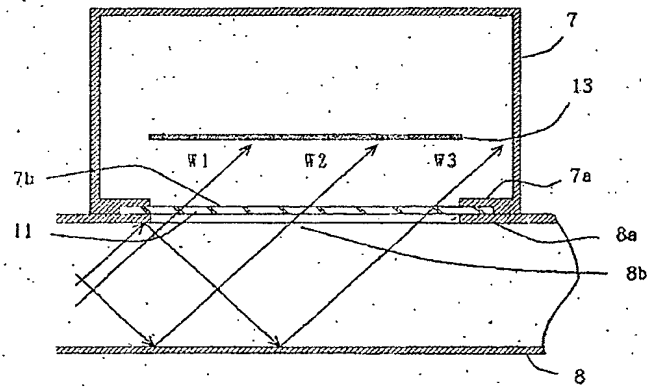
【図6】



[illegible]

Figure 1 is a graph showing the variation of microphone sound intensity (マイクロー波境界強度) versus the length of the slot (スロットの長さ). The graph shows a series of peaks and troughs, representing the interference pattern. The distance between consecutive peaks is labeled as  $\frac{\lambda \theta}{2}$ . The total length of the slot is labeled as  $A'B'$ .

【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 板谷 耕司  
大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会  
社ダイヘン内